

врановые играли существенную роль, достигая 20,0% от численности всех отмеченных птиц. По данным И.И.Рахимова (2007) в Казани численность врановых в зимний период по сравнению с весенне-летним увеличивается в 170-180 раз. На территории города зимует в среднем более 200 тыс. представителей этого семейства.

Литература

- 1.Равкин, Е.С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Равкин Е.С., Челинцев Н.Г.// ВНИИ охраны природы и заповедного дела Госкомприроды СССР. - М: 1990. -33 с.
- 2.Рахимов И.И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов / И.И. Рахимов// Каз. гос. пед. ун-т, Союз охраны птиц России. - Казань: Новое знание, 2002. - 270 с.
- 3.Рахимов И.И. Серая ворона в Татарстане: изученность вида, современное состояние, особенности экологии/ Сб. матер. междунар..конф. по врановым птицам «Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах». - Ставрополь, 2007. - С.48-51.
- 4.Сайфуллин Р.Р. Орнитофауна парковой территории г.Казани в летний период/ Сайфуллин Р.Р.// Сб. матер. Междунар. научно-практ. конф. «Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития». – Тамбов, 2014.-С.126-127.

ИЗУЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОТНОШЕНИЙ СИММЕТРИЧНОСТИ И РЕФЛЕКСИВНОСТИ У СЕРЫХ ВОРОН

Самулеева М. В., Смирнова А. А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
samuleeva@gmail.com

Изучение особенностей мышления высокоорганизованных птиц позволяет выявить общие черты высших когнитивных способностей, независимо сформировавшихся на двух разных путях эволюции – эволюции птиц и млекопитающих.

Мозг птиц длительное время считали принципиально более примитивным по сравнению с мозгом млекопитающих из-за отсутствия в нем шестислойной новой коры. Затем было обнаружено (Jarvis et al., 2005), что структуры переднего мозга птиц представляют собой не только аналоги, но и гомологи соответствующих структур мозга млекопитающих. В недавно проведенном исследовании (Olkowicz et al., 2016) было показано, что мозг попугаев и певчих птиц содержит в среднем в два раза больше нейронов, чем мозг той же массы у приматов, а плотность упаковки нейронов в мозге у птиц больше, чем у млекопитающих. Кроме того, попугаи и представители семейства врановых превосходят других птиц, а также многих млекопитающих, в том числе ряд приматов, по количеству нейронов паллиума.

Уникальной особенностью человека является использование второй сигнальной системы – языка. Одной из необходимых для этого когнитивных способностей является символизация – способность устанавливать эквивалентные (взаимозаменяемые) отношения между предметом, действием, понятием или явлением (референтом, или обозначаемым) и исходно индифферентным для субъекта стимулом («знаком»).

С точки зрения математической логики эквивалентные отношения обладают свойствами симметричности (перестановка членов отношения R не ведет к изменению типа отношения: $xRy \rightarrow yRx$), рефлексивности (каждый член отношения находится в таком же отношении R к самому себе: $xRy \rightarrow (xRx \text{ и } yRy)$) и транзитивности (из отношения R между x и y , и между y и z следует такое же отношение R между x и z : $(xRy \text{ и } yRz) \rightarrow xRz$).

Обучение ребенка значению слов включает многократную демонстрацию свойств симметричности, рефлексивности и транзитивности. Именно после такого

обучения знак и его референт становятся эквивалентными. Животные с высокоорганизованным мозгом (и в том числе птицы) после обучения, включающего демонстрацию хотя бы двух свойств эквивалентных отношений, также способны к установлению эквивалентных отношений между знаком и референтом (Fields et al., 2007; Matsuzawa, 2009; Pepperberg, 2013).

При исследовании способности животных понимать свойства эквивалентных отношений субъекта обучают выбору по условному соответствию образцу, т.е. целенаправленно формируют некие отношения между образцом и соответствующим стимулом для выбора (например, если образец А, то выбирай стимул В, а если образец В, то выбирай стимул С), а затем в тесте оценивают возможность спонтанного появления новых отношений: например, между образцом В и стимулом А (отношение симметричности) или между образцом А и стимулом А (отношение рефлексивности) (Sidman, Tailby, 1982; Sidman et al., 1982; Frank, Wasserman, 2005; Swisher, Urcioli, 2015; Soares Filho et al., 2016).

Понимание симметричности отношений в эксперименте успешно демонстрируют люди (Tomanari et al., 2006). Животные с классическим тестом на понимание симметричности отношений чаще всего не справляются (Dugdale, Lowe, 2000; Prichard et al., 2015).

Урциоли (Urcioli, 2008), изучая механизмы ассоциативного обучения у голубей, сформулировал теорию, объясняющую формирование новых отношений между стимулами. В ней постулируется, во-первых, что одно и то же изображение, использованное либо в качестве образца, либо в качестве стимула для выбора, для субъекта являются разными стимулами, поскольку они несут разную функциональную нагрузку, появляются в разных местах и/или в разном порядке: А1 (образец) и А2 (стимул для выбора), В1 (образец) и В2 (стимул для выбора) и т.д. Для уменьшения влияния пространственных и временных параметров стимулов в большинстве работ с голубями используют методику go/no go, в которой образец и стимул для выбора появляются последовательно в одном окне экрана (например, Frank, Wasserman, 2005; Urcioli, 2008; Urcioli, Swisher, 2015). Во-вторых, что в процессе обучения выбору по условному соответствию образцу формируются классы стимулов, связанные историей подкреплений, например, [А1- В2], [В1- А2], [В1- В2]. И, в-третьих, что если независимо сформированные классы стимулов имеют общие компоненты (в данном примере В1 и В2), то это приводит к формированию нового объединенного класса стимулов: [А1- А2 - В1- В2], все компоненты которого связаны общей историей подкреплений. Если такой класс сформирован, то это может привести к возникновению отношений симметричности, рефлексивности и транзитивности между его членами.

Теория формирования классов стимулов (Urcioli, 2008) позволяет успешно прогнозировать результаты некоторых подобных тестов по крайней мере, у голубей. Вопрос о том, насколько базовые закономерности обучения отражает эта теория, остается открытым.

Нами ранее было показано, что серые вороны способны осуществить транзитивное заключение на основе мысленного сопоставления положения стимулов в транзитивном ряду (Lazareva et al., 2004). Кроме того, путем транзитивного заключения вороны оказались способны установить эквивалентность цифр и изображений множеств (процесс обучения включал демонстрацию свойств симметричности и рефлексивности; Смирнова и др., 2002, Смирнова, 2011).

В последующих экспериментах мы исследовали механизмы формирования эквивалентных отношений, а именно, отношений симметричности.

Используемая нами методика близка к классической: образец и стимулы для выбора предъявляются в разных местах (в отличие от используемой в большинстве работ с голубями методики «go/no go»); в обучающие серии мы не добавляли пробы, заранее приучающие животное к тому, что образец может появиться в роли и на месте стимула для выбора и наоборот. Принципиально новым является то, что в роли «обозначаемого» мы используем не единичные стимулы, а их наборы. Благодаря этому параллельно усвоению правила выбора по условному соответствию образцу может происходить обобщение и абстрагирование признаков, характеризующих два используемых набора стимулов, в результате чего «обозначаемым» становится понятие (в данном случае, понятия «сходство» или «различие»). Такой подход приближает данную экспериментальную задачу к естественной ситуации усвоения знаков для обозначения понятий при освоении языка детьми.

В первой серии экспериментов мы обнаружили, что серая ворона и венесуэльский амазон справились с тестом на понимание симметричности отношений (Смирнова и др., 2013). Но эти птицы ранее были обучены обобщенному (то есть применимое к любым новым стимулам) правилу выбора по сходству с образцом. Это обучение включало демонстрацию симметричности и рефлексивности отношений. Такой предшествующий опыт мог оказать влияние на результаты теста.

Для того чтобы выяснить, могут ли вороны без такого опыта справиться с тестом на понимание симметричности отношений, мы провели следующую серию экспериментов. В нем участвовали вороны, у которых какой-либо предшествующий экспериментальный опыт отсутствовал.

Если образцом было изображение буквы «S», птицу подкрепляли за выбор изображения пары фигур одинакового размера, а если образцом было изображение буквы «V», то за выбор пары фигур разного размера. В качестве стимулов для выбора использовали шесть изображений одинаковых и шесть изображений разных по размеру пар фигур: кругов, эллипсов, квадратов, прямоугольников, равносторонних и равнобедренных треугольников. Суммарные площади пар фигур на стимулах разного типа были выровнены.

При обучении вначале использовали все 12 стимулов для выбора. После выполнения 1776 и 3600 проб стабильной положительной динамики ни у одной из двух ворон отмечено не было, поэтому при обучении двух других ворон задачу упростили и использовали только четыре стимула для выбора (пары кругов и пары эллипсов одинакового или разного размера). За 2000 проб ни одна из птиц не достигла критерия обученности (не менее 80% правильных выборов в 96 пробах подряд, $p < 0.0001$). Поэтому далее задачу еще больше упростили и использовали при обучении этих же ворон только два стимула для выбора: пары кругов одинакового и разного размера. Этому варианту задачи ворон удалось обучить за 2248 и 2328 проб. Суммарно, первый этап обучения у ворон без предшествующего экспериментального опыта потребовал более 4000 проб. Важно отметить, что в предыдущей серии экспериментов вороне и попугаю на первом этапе обучения выбору по условному соответствию образцу потребовалось всего 336 и 712 проб соответственно. Причем при их обучении использовали все 12 стимулов для выбора. Таким образом, предшествующий опыт усвоения правила выбора по сходству с образцом оказал значительное влияние на скорость обучения выбору по условному соответствию образцу.

После этого мы провели первый тест на понимание симметричности отношений. Этот и все последующие тесты были организован таким образом, чтобы не обучить птиц ничему новому. Для этого тестовые пробы, в которых образцы и стимулы для выбора поменяли местами, и в которых подкрепляли любой выбор, чередовали с фоновыми – знакомыми, в которых подкрепляли только правильный выбор: тестовая проба следовала после четырех фоновых. Результаты теста оказались отрицательными. У обеих ворон доля правильных решений в тестовых пробах не отличалась от случайного уровня, в то время как в фоновых пробах они продолжали успешно решать ранее усвоенную задачу. Таким образом, после обучения выбору по условному соответствию образцу с двумя стимулами для выбора отношения между знаком и обозначаемым еще не стали симметричными.

Затем этих же птиц обучили выбору по условному соответствию образцу с каждой из оставшихся пяти пар стимулов. С каждой из этих пар стимулов птицы достигали критерия обученности почти за минимальное число проб (от 96 до 144). Столь значительная разница в скорости достижения критерия вероятно обусловлена тем, что при обучении с первой парой стимулов вороны усвоили особую роль образца как знака, указывающего на подкрепляемый стимул для выбора.

Затем провели второй тест на понимание симметричности отношений, в котором использовали все шесть пар стимулов. Результаты оказались противоречивыми: одна из ворон с тестом вновь не справилась, тогда как у второй птицы доля правильных решений достоверно отличалась от случайного уровня (64.6%, $p=0.02$).

Затем провели тесты на перенос правила выбора на новые стимулы. В первом тесте использовали новые стимулы, отличающимися по размеру фигур, а во втором – новые стимулы, отличающиеся по форме фигур. Птицы успешно справились с обоими тестами, что свидетельствует о том, что вороны связали буквы S и V не только с отдельными изображениями, но с понятиями «сходство» и «различие».

После этого провели третий, заключительный тест на понимание симметричности отношений. Обе птицы с ним справились: доли правильных решений в 24 тестовых пробах составили 79.2% ($p<0.001$) и 66.7% ($p=0.03$). Таким образом, в третьем тесте обе вороны продемонстрировали понимание симметричности отношений. Положительный результат третьего теста мог быть обусловлен тем, что, что во время двух предыдущих аналогичных тестов птицы уже сталкивалась с ситуацией, в которой образец и стимулы для выбора меняли местами. С другой стороны, на результат теста мог оказать влияние и тот факт, что к моменту его проведения, птицы связали буквы «S» и «V» не только с конкретными использованными при обучении стимулами, но и с понятиями. Необходимо отметить, что в первой серии экспериментов, такой же тест был предъявлен вороне и попугаю только один раз – после обучения со всеми стимулами и обоих тестов на перенос правила выбора на новые стимулы (и птицы с ним справились).

Таким образом, вопрос о том, какой именно предшествующий опыт является необходимым и достаточным для успешного выполнения теста на понимание симметричности отношений остается все еще открытым. Для ответа на него, нужно повторить этот эксперимент с новой группой ворон без предшествующего экспериментального опыта, но провести тест на понимание симметричности отношений только один раз – после завершения обучения и тестов на перенос правила выбора на новые стимулы.

Работа поддержана грантом РФФИ №16-04-01169

Литература

- 1.Смирнова А.А. Исследование способности серых ворон к элементам символизации / А.А. Смирнова, О.Ф. Лазарева, З.А. Зорина // Журнал высшей нервной деятельности, т. 52, № 2, 2002. - С. 241-254.
- 2.Смирнова А.А. О способности птиц к символизации / А.А.Смирнова // Зоологический журнал № 90(7), 2011. - С. 803-810.
- 3.Смирнова А.А. Способность к символизации у птиц (врановые и попугаи): усвоение символов для обозначения признаков «сходство» и «различие» / А.А. Смирнова, Т.А. Обозова, М.В. Самулеева, З.А. Зорина // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. М.: БукиВеди, 2013. - С. 1-5.
- 4.Dugdale N., Lowe C. Testing for symmetry in the conditional discriminations of language-trained chimpanzees. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, V. 73, 2000. P. - 5–22.
- 5.Fields W. M., Segerdahl P., Savage-Rumbaugh S. The material Practices of ape language research //The Cambridge Handbook of Sociocultural Psychology, 2007. - P. 164-202.
- 6.Frank A.J., Wasserman E.A. Associative symmetry in the pigeon after successive matching-to-sample training // *Journal of experimental analysis of behaviour*. 2005. № 84. - P. 147-165
- 7.Jarvis E. D. et al. Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution // *Nature Reviews Neuroscience*. 2005. V.6. №2. - P. 151-159.
- 8.Lazareva, O. F., Smirnova, A. A., Bagozkaja, M. S., Zorina, Z. A., Rayevsky, V. V., Wasserman, E. A. Transitive responding in hooded crows requires linearly ordered stimuli. *Journal of the experimental analysis of behavior*, 2004, 82(1), P. 1-19.
- 9.Matsuzawa T. Symbolic representation of number in chimpanzees // *Current Opinions in Neurobiology*, 2009, V. 19. - P. 92–98.
- 10.Olkowicz S., Kocourek M., Lučan R. K., Porteš M., Fitch W. T., Herculano-Houzel S., Němec, P. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016. - 201517131.
- 11.Pepperberg I.M. Abstract concepts: date from a gray parrot // *Behavior process*. 2013, V. 93. - P 82-90.
- 12.Prichard A., Panoz-Brown D., Bruce K., Galizio, M. Emergent identity but not symmetry following successive olfactory discrimination training in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2015. 104. – P. 133–145.
- 13.Sidman M., Raizin R., Lazar R., Cunningham S., Tailby W., Carrigan P. A search for symmetry in the conditional discriminations of rhesus monkeys, baboons, and children // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1982. V.37. №1. - P. 23–44.
- 14.Sidman M., Tailby W. Conditional discriminations vs. matching-to sample: An expansion of the testing paradigm // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1982, № 37. - P. 5–22.
- 15.Soares Filho P. S., Silva Á. J., Velasco S. M., Barros R. S., Tomanari G. Y. Assessing Symmetry by Comparing the Acquisition of Symmetric and Nonsymmetric Conditional Relations in a Capuchin Monkey // *International Journal of Psychological Research*, 2016. 9(2). – P. 30-39.
- 16.Swisher M., Urcuioli P. J. Symmetry in the pigeon with sample and comparison stimuli in different locations. II. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2015, 104. – P. 119–132.
- 17.Tomanari G.Y., Sidman M., Rubio A.R., Dube W.V. Equivalence classes with requirements for short response latencies // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2006, V. 85. - P. 349–369.
- 18.Urcuioli P. J. Associative symmetry, antisymmetry, and a theory of pigeons' equivalence-class formation // *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2008, 90 (3). – P. 257-282.
- 19.Urcuioli P. J., Swisher M. J. Transitive and anti-transitive emergent relations in pigeons: Support for a theory of stimulus-class formation // *Behavioural processes*, 2015, 112. - P. 49-60.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ СОРОКИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Сандакова С. Л.

Дальневосточный государственный аграрный университет

E-mail: sandsveta@mail.ru

Сорока обыкновенная на территории Северной части Центральной Азии по степени адаптации к антропогенным ландшафтам классифицируется как характерный частично синантропный вид. Относительно всей доли обитающих сорок в указанных регионах от 75 до 80% обитает в естественных пойменно-кустарниковых биотопах и